애플리케이션 노트

AN15-02

Revision:	KOR01
발행일:	2023-06-09
작성자:	Ingo Rabl, Grady
결재자:	Ulrich Nicolal, Kendrick

키워드: MLI, TMLI, NPC, TNPC, 전력 손실, 표류 인덕턴스

SEMIKRON 3-레벨 데이터시트 읽는 법

1. 일반 1

2. 이론적 기초 1
2.1 정의 1
2.2 3L PWM 패턴 2
2.2.1 PWM 생성 2
2.2.2 PWM 제한사항 2
2.3 정류 2
2.3.1 NPC 정류 2
2.3.2 TNPC 정류 4
2.4 정류 인덕턴스 6
2.5 반도체 스위칭 손실 6
2.5.1 다이오드2 (NPC)의 스위칭 손실 6

3. SEMIKRON 3L 데이터시트 7
3.1 측정 7
3.2 정류 인덕턴스의 측정 7
3.3 다이오드2 스위칭 손실 10
3.4 데이터시트 그림 목록 10
3.4.1 MLI 데이터시트 그림 11
3.4.2 TMLI 데이터시트 그림 12

1. 일반

이 애플리케이션 노트의 목적은 2-레벨(2L)과의 비교를 통해 3-레벨(3L) NPC 및 TNPC 데이터시트의 가장 중요한 차이점과 특별한 기능을 설명하는데 있습니다.
모든 데이터시트 값에 대한 일반적인 설명 및 기타 정보는 여기서 설명하지 않습니다. 이에 관한 정보는 SEMIKRON 의 "Application Manual Power Semiconductors" [2] 또는 특히 기술설명서(Technical Explanations)를 참고하시기 바랍니다.

2. 이론적 기초

2.1 정의

다음 목록은 SEMIKRON 데이터시트, 기술설명서, 애플리케이션 노트 및 기타 문서에 사용되는 3L 장치에 대한 약어와 용어를 정리한 것입니다.

NPC **N**eutral **P**oint **C**lamed; 3L NPC 토폴로지를 기술

TNPC **T**-TYPE **N**eutral **P**oint **C**lamed; 3L TNPC 토폴로지를 기술

MLI **M**ulti-**L**evel **I**nverter; NPC 토폴로지에서 3L 모듈의 제품군 명칭으로 사용

TMLI **T**-TYPE **M**ulti-**L**evel **I**nverter; TPC 토폴로지에서 3L 모듈의 제품군 명칭으로 사용됨

Tx/DX 3LX 토폴로지에서 특정 스위치의 위치를 기술. 여기서 x 는 1 과 4 사이의 숫자를 가리키며, T 는 트랜지스터, D 는 다이오드를 지칭

IGBT1	SEMIKRON 데이터시트의 트랜지스터 T1 과 T4 를 지칭
IGBT2	SEMIKRON 데이터시트의 트랜지스터 T2 과 T3 를 지칭
다이오드 1	SEMIKRON 데이터시트의 다이오드 D1 과 D4 를 지칭
다이오드 2	SEMIKRON 데이터시트의 다이오드 D2 와 D3 를 지칭
다이오드 5	SEMIKRON 데이터시트의 다이오드 D5 와 D6 을 지칭(NPC 토폴로지의 경우만 해당)
외부 스위치	T1, T4, D1 및 D4 를 지칭(즉, IGBT1 및 다이오드 1)
내부 스위치	T2, T3, D2 및 D3 을 지칭(즉, IGBT2 및 다이오드 2)
클램핑 다이오드	D5 와 D6 을 지칭(즉, 다이오드 5).

2.2 3L PWM 패턴

2.2.1 PWM 생성

모든 SEMIKRON 3L 데이터시트와 계산은 사인-삼각형 비교를 통해 추출한 PWM 패턴을 기반으로 합니다.
간단히 말해서 두 삼각파의 진폭을 1 개의 사인파의 진폭과 비교합니다. 비교 결과(예: *sine> triangular_1 & sine <triangular_2*)는 3-레벨 모듈의 IGBT 의 스위칭 상태를 정의합니다. 자세한 정보는 [3] 및 [4]에 예시로 나와 있습니다.

2.2.2 PWM 제한사항

위와 같은 비교를 통해 아래와 같은 사항을 항상 준수해야 하는 몇 가지 규칙이 도출됩니다.

1. 최대 2개의 스위치를 동시에 턴온 할 수 있습니다.
2. 인접한 2개의 스위치만 동시에 턴온이 가능합니다.
3. 스위치 T2과 T4을 비롯하여 스위치 T1과 T3은 역으로 전환합니다.

추가 고려사항(AN11001에 설명됨, [4])을 통해 아래의 규칙이 추가로 도출됩니다:

4. 작동 시작: 내부 스위치(T2 또는 T3)를 먼저 턴온 한 다음 외부 스위치(T1 또는 T4)를 턴온 합니다.
5. 작동 종료: 외부 스위치(T1 또는 T4)를 먼저 턴오프 한 후 내부 스위치(T2 또는 T3)를 턴오프 합니다.

얼핏 보면 일부 제한사항이 의미가 없는 것처럼 보이지만(예: 전도 상태가 아닌 상태에서 IGBT 가 턴온 됨.
예: 그림 10 의 오른쪽 이미지 참조), 도출되는 데이터시트에는 큰 차이가 발생합니다.

SEMIKRON 의 데이터시트 측정 및 시뮬레이션은 사인-삼각형 비교를 통해 추출된 규칙을 기반으로 합니다. 물론 PWM 패턴이 동일하면 다른 방법을 사용할 수 있습니다.
참고: 이러한 규칙들이 지켜지지 않으면 SEMIKRON 데이터시트 값이나 시뮬레이션 결과가 올바르지 않을 수 있습니다!

2.3 정류

정상 작동 중(예: PWM 펄스 종료)에 반도체가 능동적으로 꺼지면 전류가 해당 장치를 통해 흐르고 있는 것입니다. 턴오프로 인해 이전 전류 경로는 더 이상 존재하지 않고 전류가 중단되지 않으므로 또 다른 반도체로 전달되어야 합니다. 한 경로에서 다른 경로로 전류 흐름이 바뀌는 과정을 정류라고 합니다.

2.3.1 NPC 정류

그림 1 은 스위칭 주파수와 교류하는 작동 영역 1(양의 출력 전압 및 전류)의 전류 경로(왼쪽 및 가운데 이미지)를 나타낸 것입니다. 오른쪽 이미지는 그에 따른 정류 루프를 파란색으로 나타낸 것입니다.
그림 2 는 작동 영역 3 의 전류 경로와 통신 루프를 보여줍니다. 이 작동 영역에서 출력 전류와 전압은 음의 값입니다.
이 두 작동 영역의 정류는 기하학적으로 다소 짧아 "짧은 정류 루프" 라고 부릅니다.
그림 3 은 스위칭 주파수와 교류하는 작동 영역 2(음의 출력 전압 및 양의 출력 전류)의 전류 경로(왼쪽 및 가운데 이미지)를 나타낸 것입니다. 오른쪽 이미지는 그에 따른 정류 루프를 파란색으로 나타낸 것입니다.
그림 4 는 작동 영역 4 의 전류 경로와 통신 루프를 나타냅니다. 이 작동 영역에서 출력 전류는 음의 값이고 출력 전압은 양의 값입니다.

이 두 작동 영역의 정류는 작동 영역 1 과 3 에 비해 기하학적으로 훨씬 길기 때문에 "긴 정류 루프" 라고 합니다.**그림 1: 작동영역 1 의 NPC 전류 경로(빨강) 및 정류 루프(파랑)**

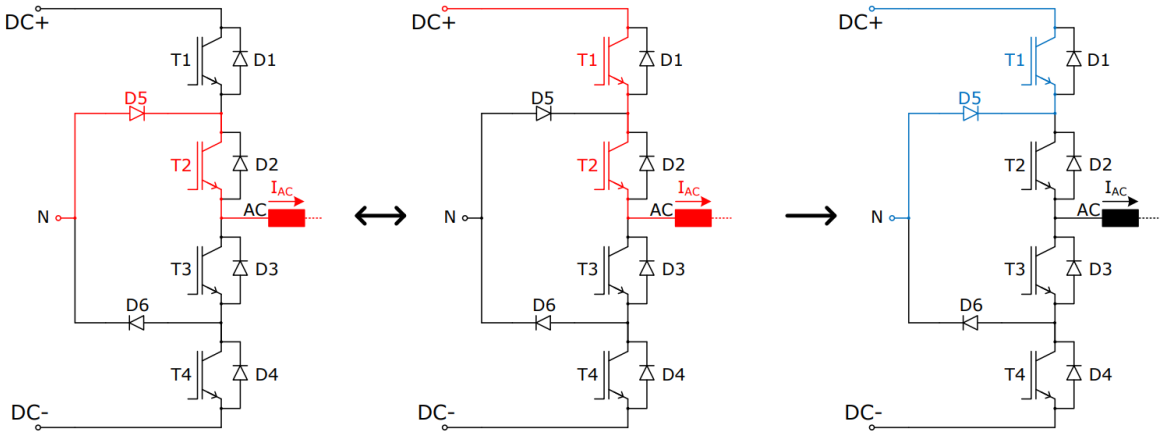


그림 2: 작동영역 3 의 NPC 전류 경로(빨강) 및 정류 루프(파랑)

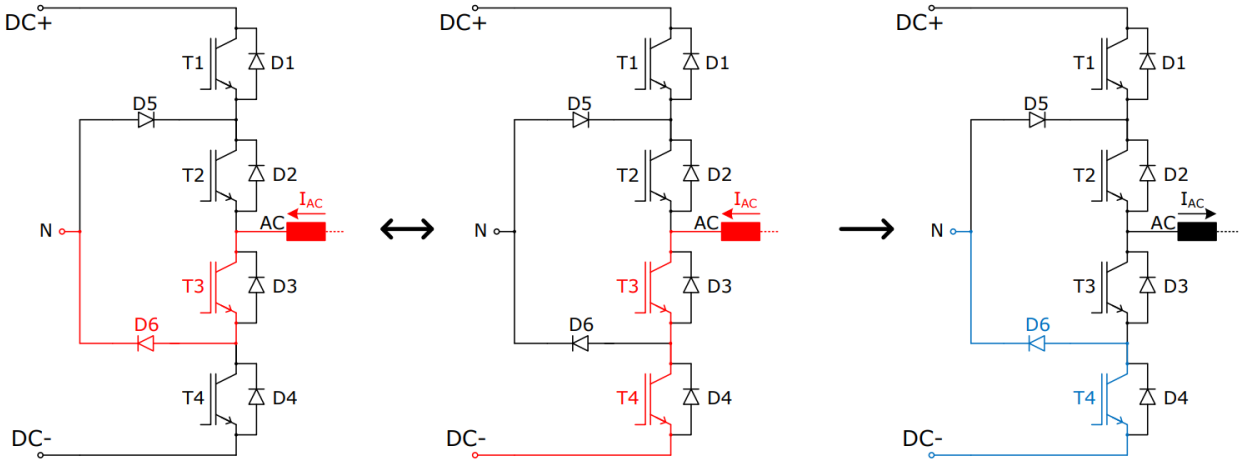


그림 3: 작동영역 2 의 NPC 전류 경로(빨강) 및 정류 루프(파랑)

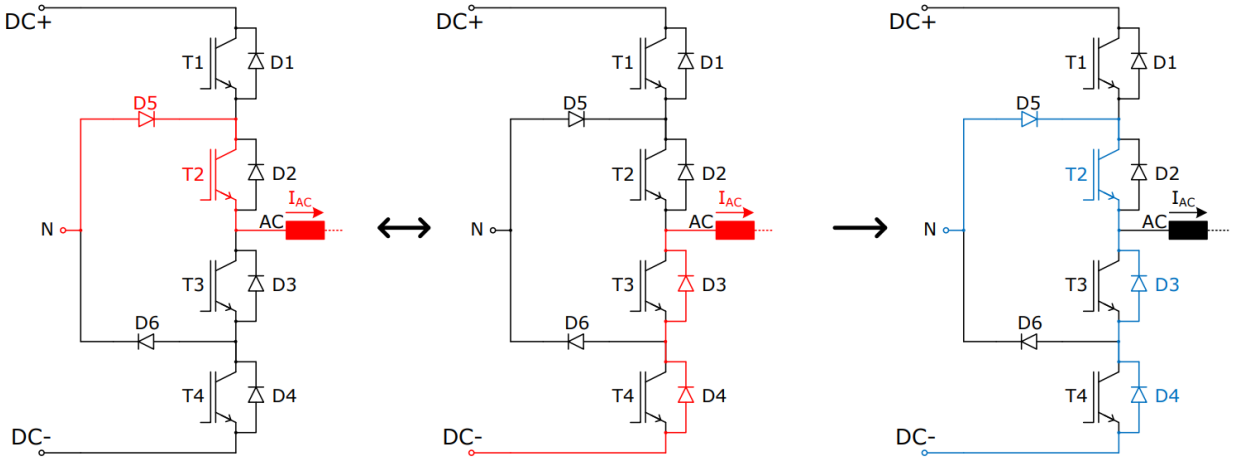
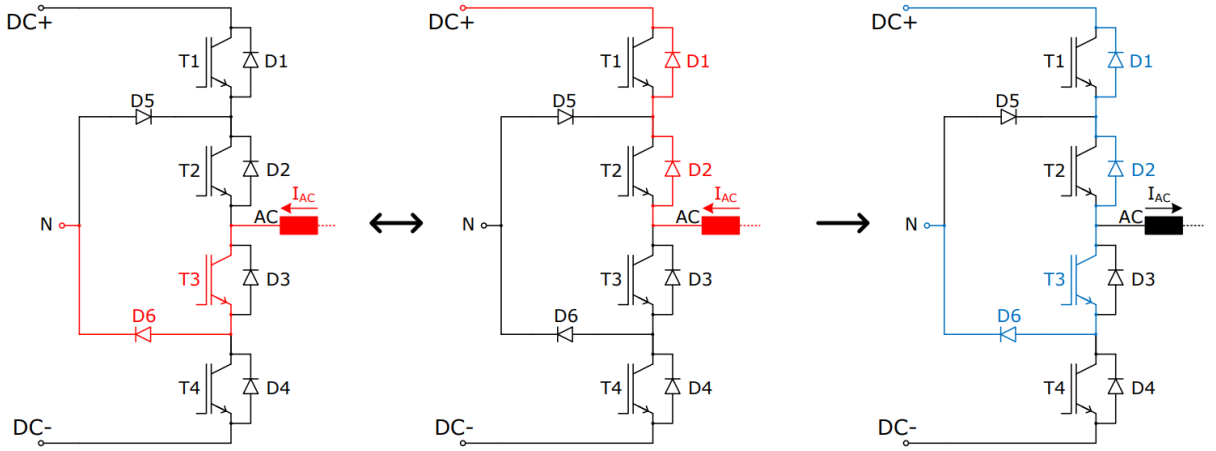


그림 4: 작동영역 4 의 NPC 전류 경로(빨강) 및 정류 루프(파랑)



2.3.2 TNPC 정류

그림 5 는 스위칭 주파수와 교류하는 작동 영역 1(양의 출력 전압 및 전류)의 전류 경로(왼쪽 및 가운데 이미지)를 보여줍니다. 오른쪽 이미지는 그에 따른 정류 루프를 파란색으로 나타낸 것입니다.
그림 6 은 작동 영역 3 의 전류 경로와 통신 루프를 보여줍니다. 이 작동 영역에서 출력 전류와 전압은 음의 값입니다.
NPC 와 비슷하게 이 두 작동 영역의 정류를 "짧은 정류 루프" 라고 합니다.

그림 7 은 스위칭 주파수와 교류하는 작동 영역 2(음의 출력 전압 및 양의 출력 전류)의 전류 경로(왼쪽 및 가운데 이미지)를 나타낸 것입니다. 오른쪽 이미지는 그에 따른 정류 루프를 파란색으로 나타낸 것입니다.
그림 8 은 작동 영역 4 의 전류 경로와 통신 루프를 보여줍니다. 이 작동 영역에서 출력 전류는 음의 값이고 출력 전압은 양의 값입니다.
NPC 와 비슷하게 이 두 작동 영역의 정류를 "긴 정류 루프" 라고 합니다.

그림 5: 작동영역 1 의 TNPC 전류 경로(빨강) 및 정류 루프(파랑)

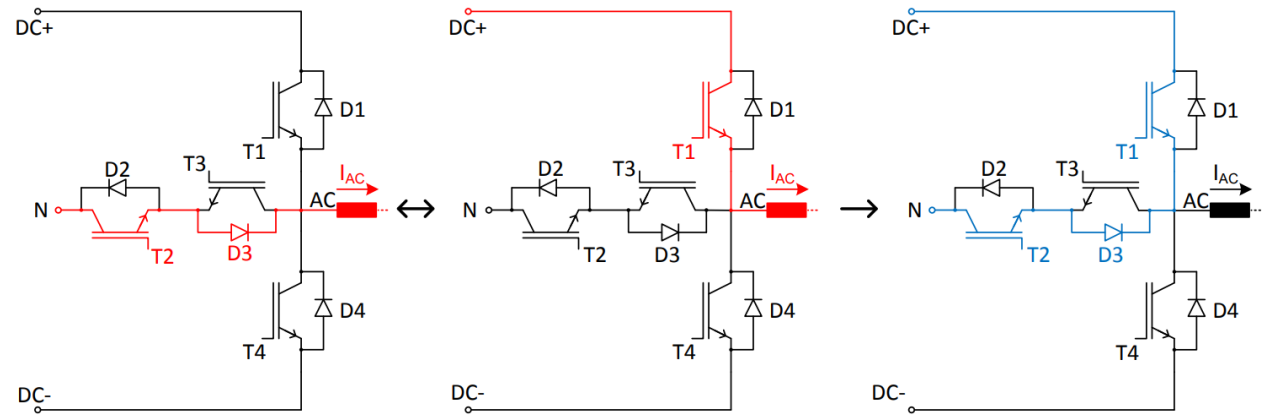


그림 6: 작동영역 3 의 TNPC 전류 경로(빨강) 및 정류 루프(파랑)

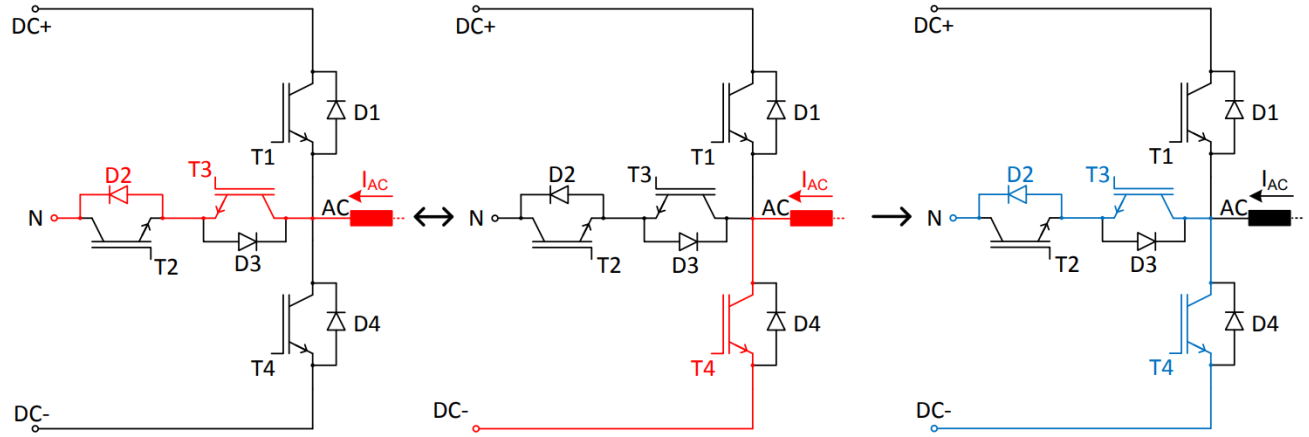


그림 7: 작동영역 2 의 TNPC 전류 경로(빨강) 및 0 정류 루프(파랑)

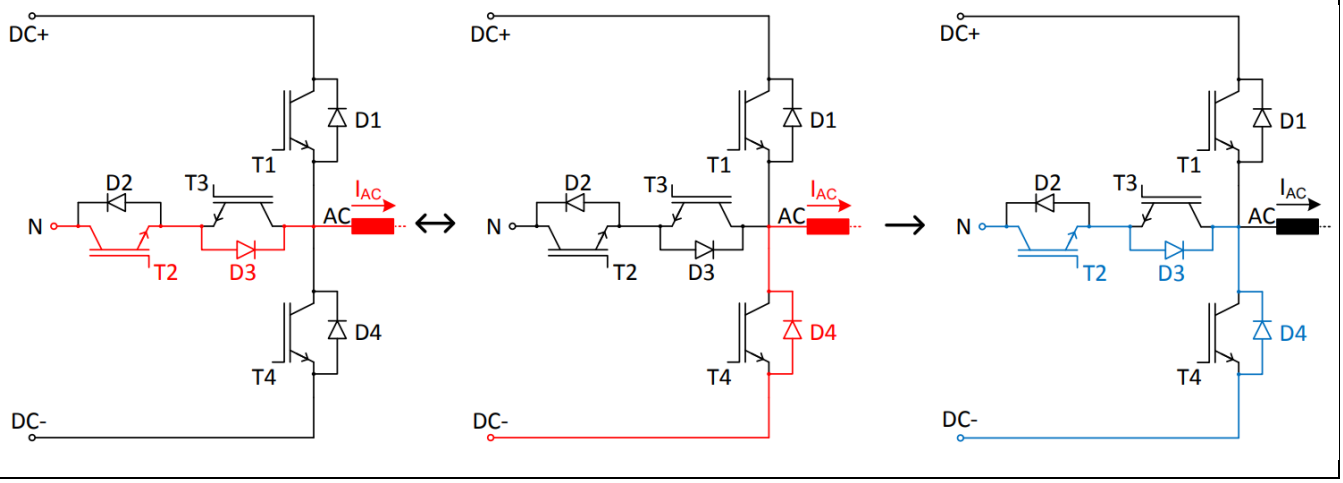
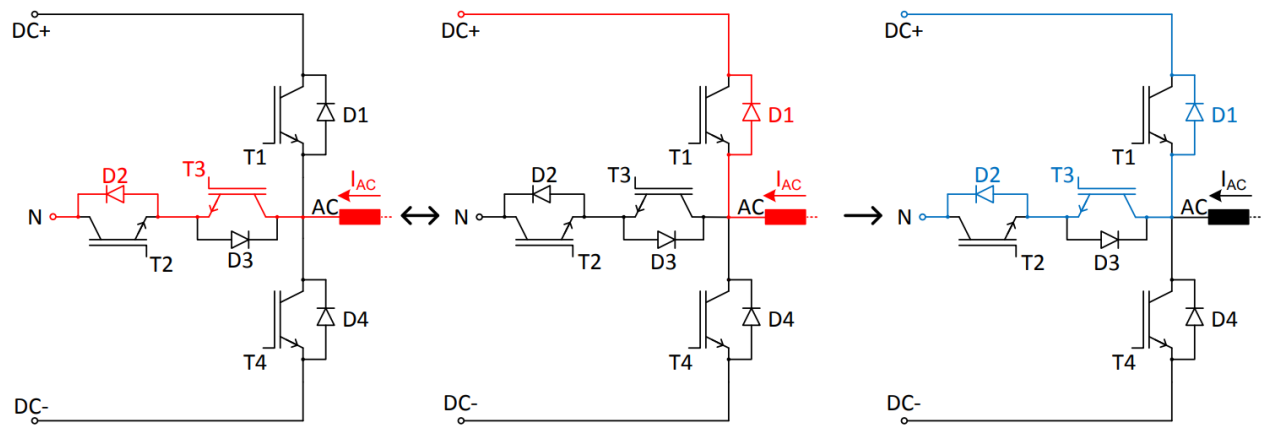


그림 8: 작동영역 4 의 TNPC 전류 경로(빨강) 및 정류 루프(파랑)

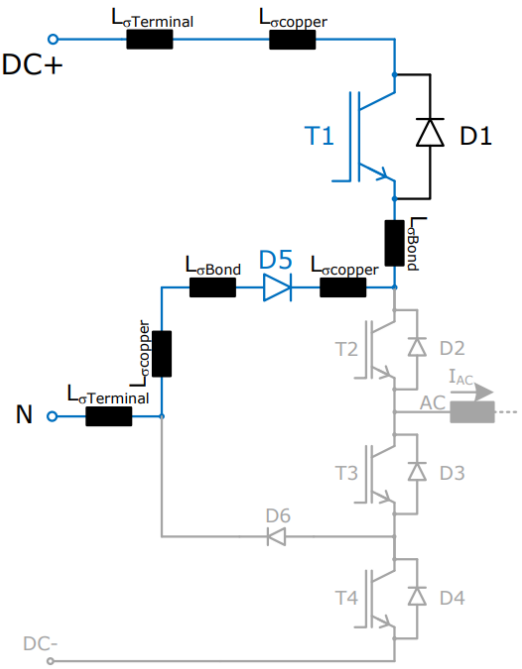


2.4 정류 인덕턴스

전도 스위치(conducting switch)가 턴오프 되면 전압 오버슈트가 발생합니다. 이러한 오버슈트는 전류 경로의 표류 인덕턴스를 극복해야 하기 때문에 일어납니다.

그림 9 는 정류 인덕턴스를 형성하는 표류 인덕턴스를 예시로 보여줍니다(NPC 짧은 정류 루프, 작동 영역 1). 표시된 표류 인덕턴스와 더불어 인덕턴스의 결합도 우려할 사항입니다. 모든 표류 인덕턴스(및 이들의 결합)를 합친 것을 정류 인덕턴스라고 합니다.

그림 9: NPC 정류 인덕턴스(예)



2.5 반도체 스위칭 손실

반도체의 턴온 또는 턴오프 과정에서 손실이 발생합니다. 스위칭 손실은 스위칭 과정에서 발생하는 스위칭 장치를 통한 전류 변화와 전압 변화의 곱으로 정의됩니다.

2.5.1 다이오드 2 (NPC)의 스위칭 손실

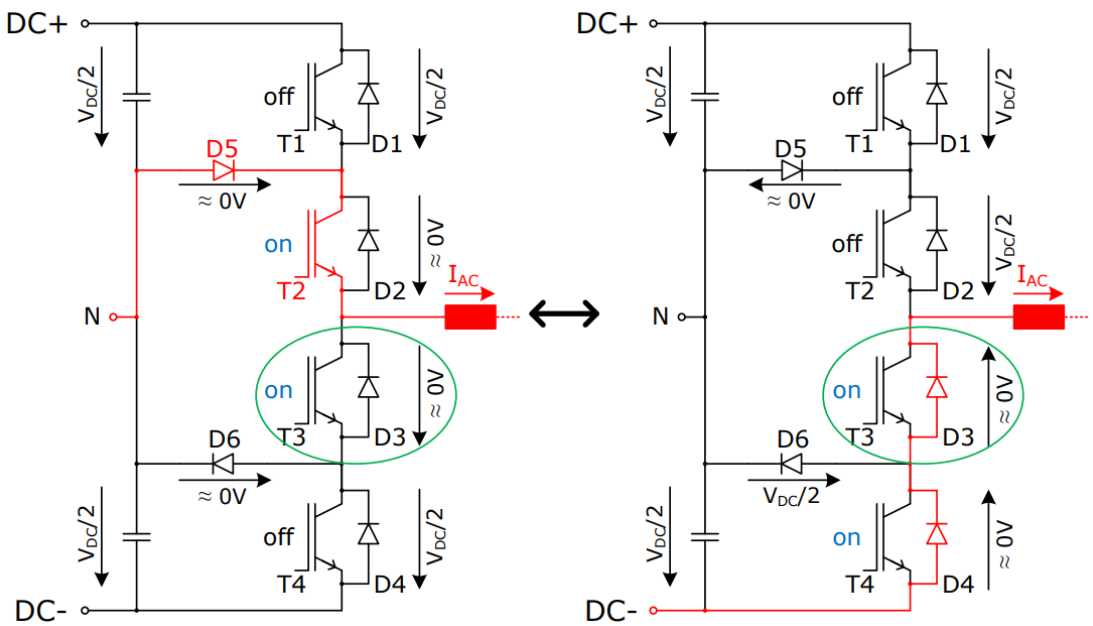
내부 다이오드 D2 와 D3 은 스위칭 손실이 거의 없습니다. 그림 10 은 작동 영역 2 의 2 개의 전류 경로, 반도체의 전압 및 IGBT 의 스위칭 상태를 나타낸 것입니다. 오른쪽 이미지에서 부하 전류는 DC 에서 D4 와 D3 을 지나 AC 단자로 흐릅니다. IGBT T3 과 T4 가 턴온 상태입니다. 전류가 흐르면 다이오드의 전압은 순방향 전압 강하와 상관 관계를 보입니다. 이 때, T3 과 T4 의 스위치가 ON 혹은 OFF 인지 여부는 중요하지 않습니다.

그림 10 에서 전류 경로를 오른쪽에 표시된 경로에서 왼쪽 이미지에 표시된 경로로 변경하려면 먼저 IGBT T4 를 턴오프한 다음 IGBT T2 를 턴온합니다. N 에서 AC 까지의 구동 전압이 DC-에서 AC 까지의 구동 전압보다 크므로 전류가 위쪽 경로로 정류됩니다.

위에서 설명한 것처럼 스위칭 손실은 특정 장치의 전압 변화와 전류 변화를 곱하여 계산합니다. 작동 영역 2 에서 IGBT T3 는 역병렬 다이오드가 전류를 전도하는지 여부와 상관없이 항상 스위치 ON 상태를 유지합니다. 다이오드 D3 전도 시 전압 강하가 거의 0 에 가깝습니다. D3 이 전도하지 않을 때는 항상 턴온 되어 있는 IGBT T3 에 의해 전압이 거의 0 에 가까운 수준을 유지합니다. 여기서 "0 에 가까운" 값이란 IGBT T3 의 순방향 전압 강하를 나타냅니다.

D3 의 전압 변화가 거의 0 에 가깝기 때문에(이는 IGBT 와 다이오드의 순방향 전압 강하 차이임) 손실 또한 0 에 가까워 무시가능한 수준입니다.

그림 10: 작동 영역 2 에서 D3(NPC)의 스위칭 손실



D3(작동 영역 2)에 대해 설명한 것과 동일한 방법이 작동 영역 3 에서 다이오드 D2 의 스위칭 손실에도 적용됩니다.

3. SEMIKRON 3L 데이터시트

내용에 관해서는 SEMIKRON 2L 및 3L 데이터시트가 서로 상당히 비슷합니다. 특정 값에 대한 설명은 SEMIKRON 의 "Application Manual Power Semiconductors" [2]를 참조하십시오. 아래에 설명된 바와 같이 장치의 표류 인덕턴스와 특정 반도체의 스위칭 손실에서 차이를 발견할 수 있습니다.

3.1 측정

스위칭 손실 및 표류 인덕턴스에 대한 데이터시트 값은 앞서 언급한 정류로 측정합니다. 이렇게 하면 사인-삼각형 비교를 통해 PWM 패턴을 생성하는 한 실제 스위칭 동작에 맞는 값이 도출됩니다.

다른 PWM 패턴(사인-삼각형 비를 통해 얻는 것과 다른)을 사용하는 경우 SEMIKRON 데이터시트 값이 더 이상 완벽하게 적용되지 않을 수 있습니다.
물론 다른 PWM 패턴도 허용되지만 사용자가 유효한 데이터시트 값을 지정해야 합니다.

3.2 정류 인덕턴스의 측정

정류 인덕턴스는 필요한 경우 추가 외부 스위치와 외부 다이오드가 있는 설정을 통해 측정합니다.
다음 그림은 NPC (그림 11 및 그림 12)와 TNPC(그림 13, 그림 14 및 그림 15)의 측정 설정을 보여줍니다. 외부 스위치(및 다이오드)와 부하 인덕터는 녹색, 관련 반도체는 파란색, 여타 반도체는 회색으로 표시되어 있습니다.
외부 스위치는 두 번 펄스 합니다. 1 차 펄스 동안 부하 인덕터가 충전됩니다. 외부 스위치가 턴오프 되면 부하 전류가 연구 대상 정류 루프로 정류합니다(파란색으로 표시). 두 번째 펄스가 턴온되면 전류가 외부 스위치로 다시 정류되고 그에 따라 정류 경로가 턴오프 됩니다. 이러한 턴오프는 정류 루프의 전압 및 di/dt 를 측정하는 시간입니다. 이 값을 토대로 정류 인덕턴스를 계산할 수 있습니다.
이 같은 정류 인덕턴스 측정 방법은 최대한 IEC60747 에 가깝습니다. 이 표준은 외부 반도체만 스위칭에 사용할 수 있으며 di/dt 의 측정은 모듈 내부 다이오드가 부하 전류를 차단할 때 발생합니다.

그림 11: 작동 영역 1(좌) 과 2(우)의 NPC 정류 인덕턴스 측정 설정

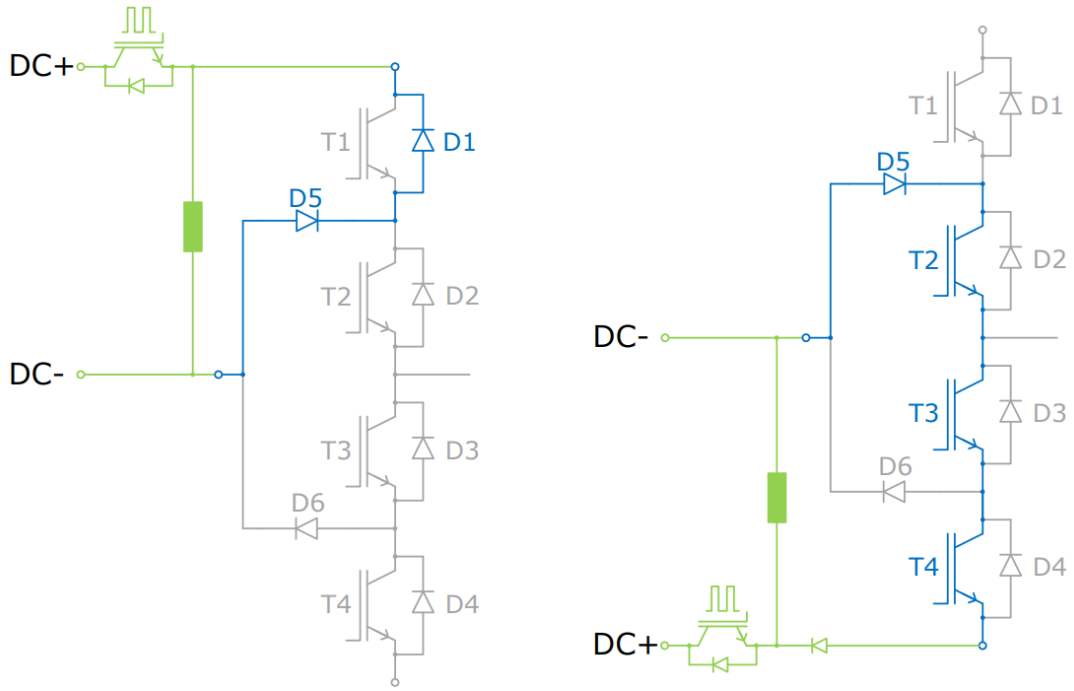
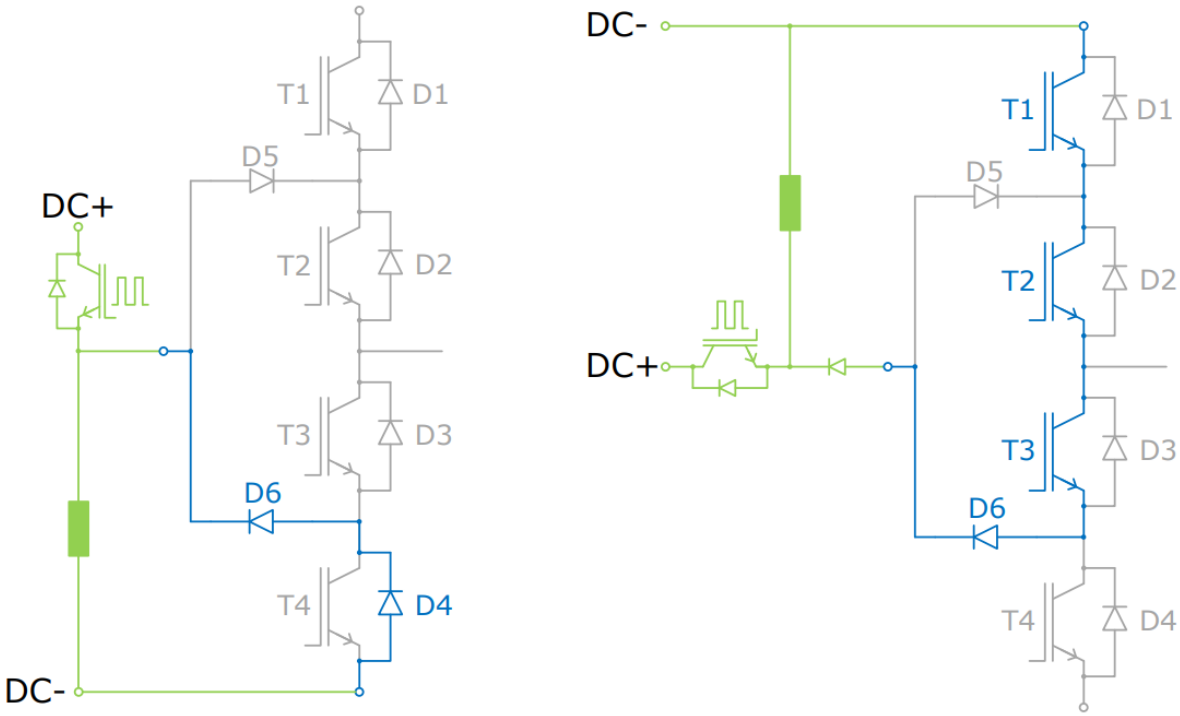


그림 12: 작동 영역 3(좌)과 4(우)의 NPC 정류 인덕턴스 측정 설정



TMLI 에서 2L 정류 인덕턴스의 측정(그림 15)은 이 표준을 엄격히 따릅니다.
3L 정류 인덕턴스의 측정을 위해 약간의 수정이 필요합니다. 부하 전류가 턴오프 될 때 전류 경로가 필요합니다. 3L 정류 경로에는 다이오드뿐만 아니라 하나 이상의 IGBT 가 포함됩니다. 이들 IGBT 를 이 측정에 포함시켜야 합니다. 측정 시 이들 IGBT 를 계속 턴온 상태로 유지하고 필요한 전류 경로를 제공합니다.

그림 13: 상부 모듈 절반의 TNPC 정류 인덕턴스 측정 설정

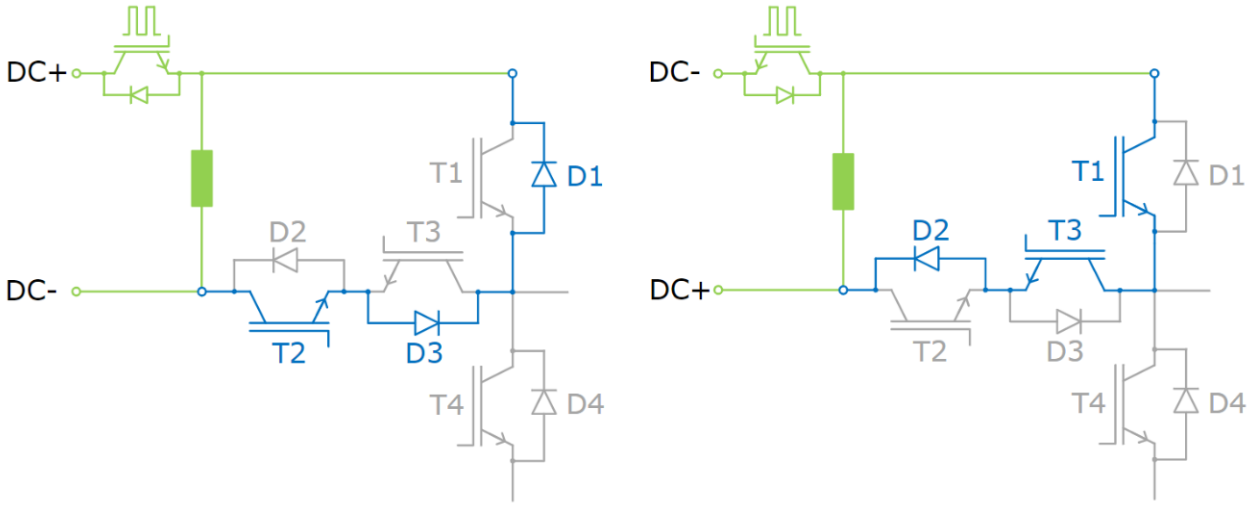


그림 14: 하부 모듈 반쪽의 TNPC 정류 인덕턴스 측정 설정

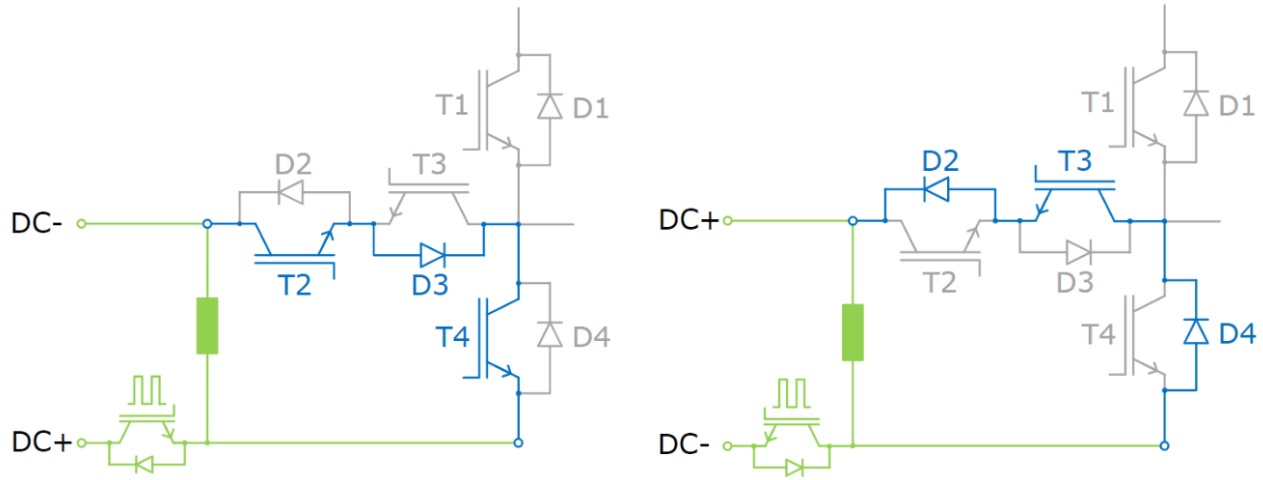
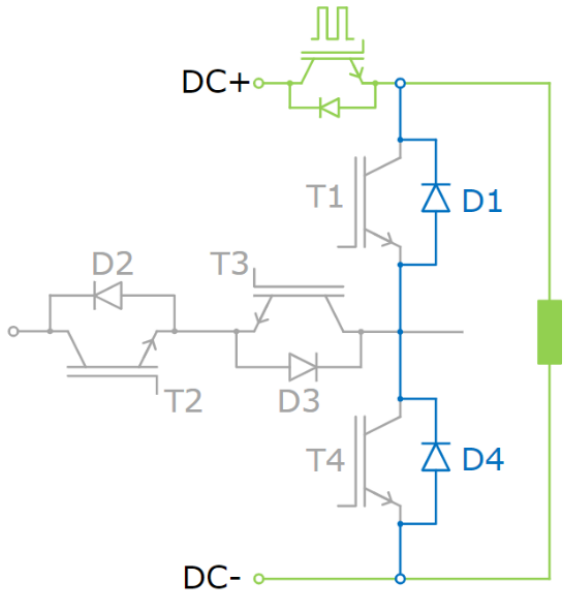


그림 11 및 그림 12 는 2 개의 짧은 정류 루프와 2 개의 긴 정류 루프의 NPC 정류 인덕턴스를 측정하는 방법을 보여줍니다. 모듈 레이아웃이 매우 대칭적이기 때문에 두 개의 짧은(및 두 개의 긴) 정류 루프가 매우 유사하고 따라서 측정 정확도와 관련하여 동일한 정류 인덕턴스를 보여줍니다. 이런 이유로 데이터시트에 짧은(L_{sCE1}) 및 긴(L_{sCE2}) 정류 루프에 대한 값이 각각 하나씩 들어 있습니다.

그림 13 및 그림 14 는 TNPC 정류 인덕턴스의 측정을 위한 설정을 보여줍니다. 이들 경로는 그림 5 부터 그림 8 에 나와 있는 정류 루프와는 약간 다른데 그 이유는 외부 스위치로 턴온 및 턴온 할 수 있는 전류 경로가 가능 하려면 T1(실제 정류 루프에 포함되는)대신 D1 을 예로 사용해야 하기 때문입니다. 이 같은 전류 경로의 편차는 측정값의 편차로 이어집니다. T1 과 D1 은 서로 매우 가까운 위치에 있기 때문에 이러한 편차는 최소값이고 무시해도 됩니다.

SEMIKRON TNPC 모듈은 매우 대칭적인 레이아웃으로 설계되어 있어 4 가지 측정 설정의 정류 인덕턴스가 모두 동일합니다(측정 정확도의 범위 내에서). 이런 이유로 데이터시트에는 3L 정류 인덕턴스(L_{sCE1})의 경우 오직 하나의 값만 제공되어 있습니다.

그림 15: TNPC 의 2L 정류 측정 설정



특정 상황에서는 2L 모드에서 3L TNPC 모듈을 작동할 수 있습니다. 즉, IGBT T2 및 T3 이 비활성화되고 T1 과 T4(및 이들의 역다이오드 D1 및 D4)만 작동됩니다. 앞서 언급한 상황을 더 정확하게 예측하기 위해 SEMIKRON 은 2L 정류 인덕턴스를 측정하여 데이터시트에도 제공하기로 결정했습니다. 이 값은 SEMIKRON 2L 모듈 데이터시트에 제공된 표류 인덕턴스에 따라 L_{CE} 라고 합니다.

3.3 다이오드 2 스위칭 손실

2.5.1 항에서 설명한 대로, 내부 다이오드 D2 및 D3(데이터시트에서 "다이오드 2"로 지칭됨)의 스위칭 손실 E_{rr} 은 거의 0 이므로 다이오드 2 는 정션 온도와 관련하여 SEMIKRON NPC 모듈에서 제한 요소가 아닙니다. 이런 이유로 거의 존재하지 않는 손실은 측정되지 않으며 다이오드 2 스위칭 손실 열에는 대시("-")가 포함됩니다.

3.4 데이터시트 그림 목록

SEMIKRON 3L 데이터시트는 최대 24 개의 다이어그램이 포함됩니다. 데이터시트의 상태에 따라(예: "타겟" 또는 "최종") 다이어그램의 수가 줄어 들 수 있습니다. 이 경우 가능한 다이어그램 제목의 번호(표 1 및 표 2 참조)는 동일하게 유지됩니다. 예: 그림 11 과 그림 12 가 없는 경우, 그림 10 바로 다음에 그림 13 이 나오고 이후 번호가 위로 이동합니다.

가능하면 NPC 와 TNPC 의 그림 번호는 유사하게 매겨집니다. 예시: 그림 3(NPC)은 IGBT1 과 다이오드 5 의 스위칭 손실을 보여줍니다. 그림 3(TNPC)에는 IGBT1 과 다이오드 2 에 대한 값이 나와 있습니다. 2 가지 토폴로지에서 부하 전류는 각각 작동 영역 1 과 3 의 2 개의 특정 반도체 사이에서 정류됩니다. 모든 그림에 같은 방법이 적용됩니다.

그림 2 와 그림 14 는 온도의 함수로서 정격 전류를 표시합니다. 베이스 플레이트가 있는 모듈(예: SEMiX)의 경우에는 이것이 케이스 온도(T_C)입니다. 베이스 플레이트가 없는 모듈(예: MiniSKiiP), 이것은 방열판 온도(T_S)입니다.

3.4.1 MLI 데이터시트 그림

표 1: SEMIKRON 3-레벨 NPC 데이터시트의 그림 설명	
그림 1	일반 IGBT1 출력 특성
그림 2	IGBT1 정격 전류 vs. 온도 $I_C = f(T_C)$ [또는 $I_C = f(T_s)$, 모듈 유형에 따라 다름]
그림 3	일반 IGBT1 & 다이오드5 턴온/오프 에너지=$f(I_C)$
그림 4	일반 IGBT1 & 다이오드5 턴온/턴오프 에너지 = $f(R_G)$
그림 5	일반 IGBT1 전달 특성
그림 6	일반 IGBT1 게이트 전하 특성
그림 7	일반 IGBT1 스위칭 시간 vs. I_C
그림 8	일반 IGBT1 스위칭 시간 vs. 게이트 저항 R_G
그림 9	IGBT1 & 다이오드5의 과도 열 임피던스
그림 10	다이오드5 순방향 특성
그림 11	일반 다이오드5 피크 역회복 전류
그림 12	일반 다이오드5 회복 전하
그림 13	일반 IGBT2 출력 특성
그림 14	IGBT2 정격 전류 vs. 온도 $I_C = f(T_C)$ [또는 $I_C = f(T_s)$, 모듈 유형에 따라 다름]
그림 15	일반 IGBT2 & 다이오드1 턴온/오프 에너지=$f(I_C)$
그림 16	일반 IGBT2 & 다이오드1 턴온/오프 에너지 = $f(R_G)$
그림 17	일반 IGBT2 전달 특성
그림 18	일반 IGBT2 게이트 전하 특성
그림 19	일반 IGBT2 스위칭 시간 vs. I_C
그림 20	일반 IGBT2 스위칭 시간 vs. 게이트 저항 R_G
그림 21	IGBT2, 다이오드1 & 다이오드2의 과도 열 임피던스
그림 22	다이오드1 & 다이오드2 순방향 특성
그림 23	일반 다이오드1 피크 역회복 전류
그림 24	일반 다이오드1 회복 전하

3.4.2 MLI 데이터시트 그림

표 2: SEMIKRON 3-레벨 TNPC 데이터시트의 그림 설명	
그림 1	일반 IGBT1 출력 특성
그림 2	IGBT1 정격 전류 vs. 온도 $I_C = f(T_C)$ [또는 $I_C = f(T_s)$, 모듈 유형에 따라 다름]
그림 3	일반 IGBT1 & 다이오드2 턴온/오프 에너지=$f(I_C)$
그림 4	일반 IGBT1 & 다이오드2 턴온/오프 에너지 = $f(R_G)$
그림 5	일반 IGBT1 전달 특성
그림 6	일반 IGBT1 게이트 전하 특성
그림 7	일반 IGBT1 스위칭 시간 vs. I_C
그림 8	일반 IGBT1 스위칭 시간 vs. 게이트 저항 R_G
그림 9	IGBT1 & 다이오드2의 과도 열 임피던스
그림 10	다이오드2 순방향 특성
그림 11	일반 다이오드2 피크 역회복 전류
그림 12	일반 다이오드2 회복 전하
그림 13	일반 IGBT2 출력 특성
그림 14	IGBT2 정격 전류 vs. 온도 $I_C = f(T_C)$ [또는 $I_C = f(T_s)$, 모듈 유형에 따라 다름]
그림 15	일반 IGBT2 & 다이오드1 턴온/오프 에너지=$f(I_C)$
그림 16	일반 IGBT2 & 다이오드1 턴온/오프 에너지 = $f(R_G)$
그림 17	일반 IGBT2 전달 특성
그림 18	일반 IGBT2 게이트 전하 특성
그림 19	일반 IGBT2 스위칭 시간 vs. I_C
그림 20	일반 IGBT2 스위칭 시간 vs. 게이트 저항 R_G
그림 21	IGBT2 & 다이오드1의 과도 열 임피던스
그림 22	다이오드1 순방향 특성
그림 23	일반 다이오드1 피크 역회복 전류
그림 24	일반 다이오드1 회복 전하

기호 및 용어

문자 기호	용어
2L	2레벨
3L	3레벨
AC	교류
DC-	직류 전압원의 음의 전위(단자)
DC+	직류 전압원의 양의 전위(단자)
di/dt	시간 당 전류 변화
Err	역 회복 시 에너지 손실(다이오드)
I_{AC}	장치의 RMS 출력 전류
I_C	연속 컬렉터 전류
IGBT	절연 게이트 바이폴라 트랜지스터
L_{CE}	기생 컬렉터 - 이미터 인덕턴스
L_{sCE1}	기생 3L 정류 인덕턴스 짧은 경로
L_{sCE2}	기생 3L 정류 인덕턴스 긴 경로
MLI	멀티레벨 인버터
N	직류 전압원의 중성 전위(단자); DC+와 DC-의 중간점
NPC	중성점 클램프드(Neutral Point Clamped)
PWM	펄스 폭 변조
R_G	게이트 회로 저항
RMS	실효값
T_C	케이스 온도
TMLI	T형 멀티레벨 인버터
TNPC	t-형 중성점 클램프드(Neutral Point Clamped)
T_S	방열판 온도

용어 및 기호에 대한 자세한 설명은 "애플리케이션 매뉴얼 전력 반도체"[2] 참고.

참고자료

[1] www.SEMIKRON.com

[2] A. Wintrich, U. Nicolai, W. Tursky, T. Reimann, "Application Manual Power Semiconductors", 2nd edition, ISLE Verlag 2015, ISBN 978-3-938843-83-3

[3] I. Staudt et al, "Numerical loss calculation and simulation tool for 3L NPC converter design", PCIM Nuremberg, 2011

[4] I. Staudt, "3L NPC & TNPC Topology", SEMIKRON Application Note, AN11001 – rev05, Nuremberg, 2015

변경 이력

SEMIKRON DANFOSS 는 추가 통지 없이 변경할 수 있는 권리를 가집니다.

면책조항

SEMIKRON DANFOSS 는 추가 통지 없이 신뢰성, 기능 또는 설계를 개선하기 위해 변경할 수 있는 권리를 가집니다. 이 문서에 제공된 정보는 정확하고 신뢰할 수 있는 것으로 간주됩니다. 그러나 이러한 정보의 정확성 또는 사용과 관련하여 어떠한 확약이나 보증도 제공하지 않으며 어떠한 책임도 지지 않습니다. SEMIKRON DANFOSS 는 이 문서에 기술된 제품이나 회로의 응용 또는 사용으로 인해 발생하는 어떠한 책임도 지지 않습니다. 아울러 이 기술 정보는 부품 특성에 대한 보증으로 간주되지 않을 수 있습니다. 배송, 성능 또는 적합성과 관련하여 일체의 명시적 혹은 암묵적 보증이나 보장도 하지 않습니다. 이 문서는 이전에 제공된 모든 정보를 대체 및 대신하며 추가 통지 없이 업데이트로 대체될 수 있습니다.

SEMIKRON DANFOSS 제품은 SEMIKRON DANFOSS 의 명시적인 서면 승인 없이 생명 유지 장치 및 시스템에 사용할 수 없습니다.

SEMIKRON-DANFOSS KOR

경기도 광명시 새빛공원로 67 광명역자이타워 A 동 1207~1212 호

• Tel: +82-2-6370-4799 • Fax: +49 911-65 59-262

sales.skkor@semikron-danfoss.com